

平成 30 年 6 月 25 日現在

機関番号：13701

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26289173

研究課題名(和文) 民産官学連携による地域協働型インフラ管理システムの実装可能性と有効性検証

研究課題名(英文) Implementability and effectiveness of community collaborative infrastructure management system through cooperation between residents, industry, government and academia

研究代表者

高木 朗義 (takagi, akiyoshi)

岐阜大学・工学部・教授

研究者番号：30322134

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 7,400,000円

研究成果の概要(和文)：わが国の社会資本整備では、膨大な既設インフラの維持管理が重要課題となっている。しかし、限られた予算と技術者不足の下、従来のインフラ管理の方法・体制では課題解決は困難である。一方、インフラ管理の必要性は社会で認知されつつあるものの、それが社会経済にもたらす効果を十分評価できていないため、費用負担の理解が未だ十分でない。本研究では、既存インフラを対象に、施設特性や管理水準、地域性などを考慮した上で、様々な担い手による民産官学の適切な役割分担と連携から成る『地域協働型インフラ管理システム』を提案し、リスクを含む便益・費用の評価、および理論分析・社会実験により、その実装可能性や有効性を明らかにした。

研究成果の概要(英文)：Infrastructure improvement is seriously important issue for maintenance and management of enormous existing infrastructure in Japan. However, under the limited budget and engineers, it is difficult to solve the problem with the conventional infrastructure management method and system. On the other hand, although the necessity of infrastructure management is being recognized, understanding of the cost burden is still insufficient because it is not fully appreciated the effect that it brings on the social economy. In this study, we propose a "community collaborative infrastructure management system" consisting of appropriate roles sharing and collaboration between residents, industries, government and academics by various players with facility characteristics, management level, regional characteristics, etc. We evaluate benefits and costs including risk, and clarified the feasibility and effectiveness through theoretical analysis and social experiments.

研究分野：土木計画学

キーワード：アセットマネジメント システム 地域協働 費用便益分析 合意形成 維持管理 土木計画 新たな公共 社会

### 1. 研究開始当初の背景

わが国では、2012年12月に発生した「笹子トンネルの天井板崩落事故」を受け、国土交通省国土幹線部会による中間答申では、適切なメンテナンスサイクルの早急な構築が提言された。また2013年6月に公布された改正道路法では、維持管理に「点検」が明示され、自治体での道路総点検が始まっており、わが国におけるインフラ管理は新たな局面を迎えている。一方、国内外の研究の多くは、点検・診断・補修に関する個別要素技術の開発に焦点が当てられ、それらに基づいてライフサイクルコストの最小化を図る方法論、および管理システムが開発され、その一部は実用化されている。

我々は、平成20年度に「岐阜大学社会資本アセットマネジメント技術研究センター(CIAM)」を設立し、「社会基盤メンテナンスエキスパート(ME)養成講座」という人材育成を通じ、MEを中心とした地域協働型インフラ管理システムの導入を試行している。また、地域住民を含む様々な主体の連携の可能性について、概念や要件を整理している。さらに、インフラ管理がもたらす効果について、リスク評価の観点からいくつかの評価モデルを提案している。以上の研究成果およびその過程から地域協働型インフラ管理システムの実現化に向けて、次のような新たな課題が浮かび挙がってきた。

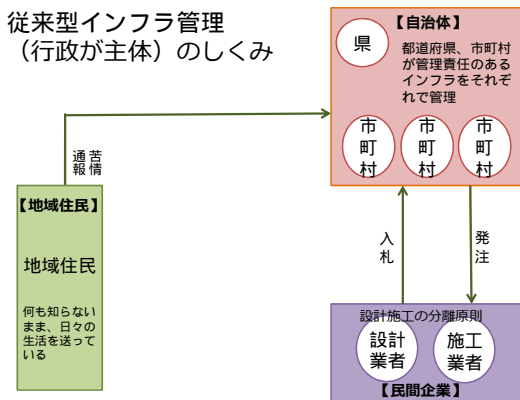
- (1) 地域協働型インフラ管理における民産官学の役割分担の内容や範囲、連携方法・体制が具体的でない。
- (2) 地域協働型インフラ管理システムがもたらす便益・費用を評価する手法が不十分である。
- (3) 地域協働型インフラ管理システムの実装の参照点となり得る理論的根拠が示されていない。
- (4) 地域協働型インフラ管理システムの実装可能性、現実的な有効性が明らかでない。

### 2. 研究の目的

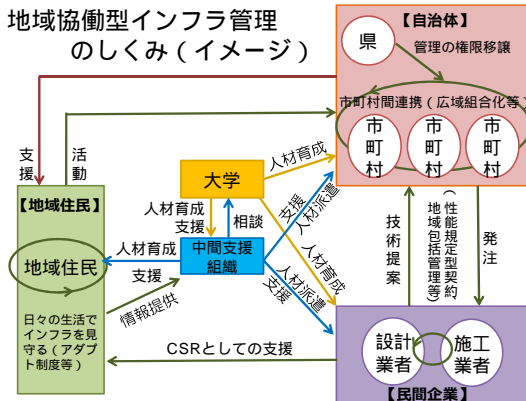
我々は、これまでの研究を通して、従来型インフラ管理のシステム的な課題として「自治体間の連携」、「民間活力の活用」、「住民参加」の3点を挙げている。また、その担い手に関して「専門家の育成」、「住民の主体的な活動の創出」という課題を示し、「中間支援組織の活用」の必要性を示している。その上で、自治体、民間企業、地域住民が連携できる関係を構築し、中間支援組織が各主体の役割や主体間の連携を補完するとともに、人材育成も担うことで維持管理サイクルが自立する仕組みの概念を提案している(下図参照)。

本研究は、この概念の有効性および実現可能性について、理論分析と実証分析の両面から検証したものである。

#### 従来型インフラ管理 (行政が主体)のしくみ



#### 地域協働型インフラ管理 のしくみ(イメージ)



従来型インフラ管理から地域協働型インフラ管理へのしくみの変更(イメージ)

### 3. 研究の方法

- (1) 地域協働型インフラ管理に適する対象施設の特性や管理水準などを整理し、地域性に応じた民産官学の役割分担の内容や範囲、連携の方法や体制を明らかにする。
- (2) 地域協働型インフラ管理システムがもたらす社会経済効果について、リスク評価の視点から評価するとともに、主体別の便益・費用を評価することで、社会全体としての効率性のみならず、主体間の公平性の観点からも評価可能な手法を開発する。
- (3) 民産官学の役割分担と連携を捉えることが可能な社会経済モデルを構築し、数理計画アプローチにより最適解を導出することで、地域協働型インフラ管理システムを実際の社会に導入していく場合の参照点となる理論的根拠を示す。
- (4) 実際の地域において、地域協働型インフラ管理システムの導入を試行し、その実装可能性、有効性を明らかにする。

### 4. 研究成果

- (1) 地域協働型インフラ管理の仕組みづくりに向けた一考

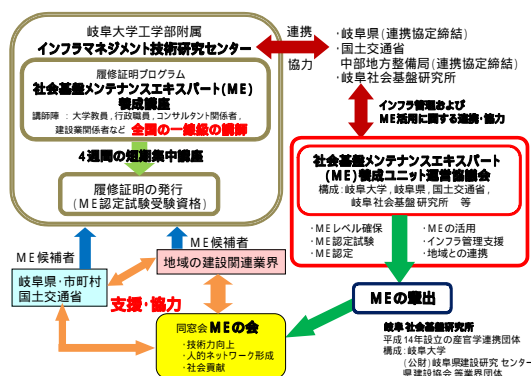
社会基盤構造物の急速な老齢化によりインフラ管理が求められている。しかしながら、資金不足及び人材不足から、とくに地域のインフラ管理が十分に行われず公益が阻害される可能性がある。インフラの管理責任という高いハードルがある我が国の制度におい

ても、主体間の関係を見直し、地域内で維持管理サイクルが成立するよう主体の役割および連携方法を検討し、地域協働型インフラ管理の仕組みを構築する必要がある。

すなわち、維持管理する施設数は増加するが、人員は減少しているという現状から、官側だけの維持管理には限界があり、民間協働の体制が望まれるようになってきている。ここでいう「民」とは、企業、一般住民、利用者、NPO等「官」以外の主体となる団体あるいは個人を指す。例えば、道路周辺の清掃では、道路の清掃・美化を委託する道路の里親制度など、官民の協働作業が現実に行われている。

地域協働型インフラ管理を効果的に展開できるように支援促進する仕組みづくりについて、問題解決のための適動設計手法を用いて一考した。適動設計は、過去の延長線上の発想や価値基準で将来を予測し、計画立案を行うのではなく、理念追求型で未来を思考し、未来からみて問題を設定し、解決策を検討した。具体的には、問題解決の標準考程（「理念設定」「案件設定」「現状把握」「未来探究」「予備充足」「方針設定」）を経て考えた。また、ここでは、参考情報を収集するため、岐阜大学が養成した社会基盤メンテナンスエキスパート（ME）へのアンケート及び専門家へのヒアリング等を行った。

未来・目的志向で地域協働型インフラ管理の仕組みづくりを考えることで、過去の延長上になく激変する環境に対応可能な理念追求型の方針、方策、及び行動計画が作成された。これより、社会の進化に寄与することが期待される。



### 社会基盤メンテナンスエキスパート（ME）養成の実施体制

#### (2) インフラ管理の地域ニーズに関する考察

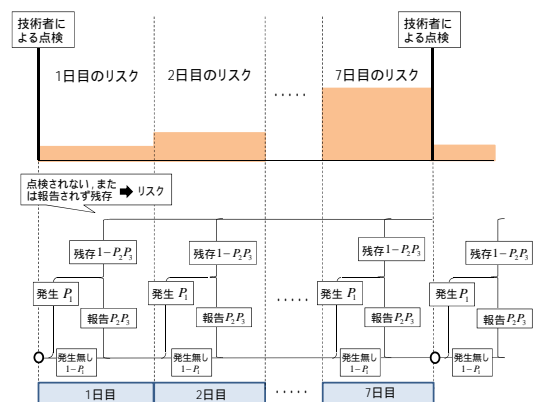
長期的で予防保全型のインフラ管理が求められるが、住民からの地域ニーズに応える日常の対処療法的な管理についての仕組みについて言及することも必要である。ここで目指すのは、地域住民がある一定の関わりを持ち、地域ニーズに応える地域協働型の仕組みを提案することであり、そのために地域住民から提出される住民要望を考察対象とし、地域ニーズに応えるための住民の役割や課

題について考察した。具体的には、(1)要望の対象物、(2)要望の原因、(3)要望につながった理由の3視点から、住民要望の特徴を整理した。その結果、対象物の現象が地域住民や地域と結びつき、要望として表明されることが明らかになった。そして、(1)住民要望の増加、(2)住民管理の範囲と役割、(3)住民管理の課題について考察の視点から考察した。

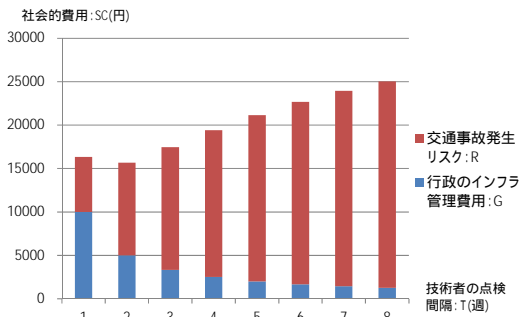
#### (3) 地域協働型インフラ管理の実装に向けた行政と地域住民の役割分担に関するモデル分析

財源、技術者の不足する状況下において、すべての道路を技術者が管理することは困難である。地域住民が参加することで管理のすきまを埋めることや住民目線での社会資本の損傷を発見することにつながり、制約の中できめ細かい管理ができる可能性がある。ここでは、地域住民を道路管理の一主体とし、技術者と連携する地域協働型インフラ管理について、住民と技術者の分担を考察するため、それぞれのコストとリスクから社会的費用を定義する。社会的費用を構成する要素として、地域住民によるインフラ管理費用、行政によるインフラ管理費用、道路管理における交通事故リスクをモデル化する。簡易的なシミュレーションの結果から、最適な地域住民の点検回数と技術者の点検間隔について挙動を確認し、社会的費用を最小化する条件について考察した。

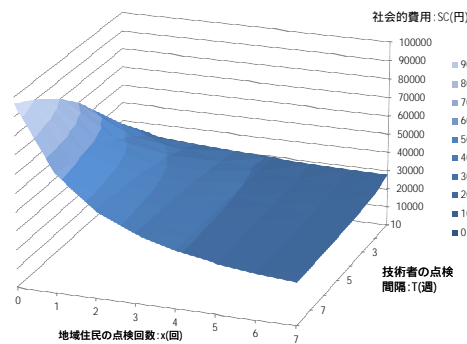
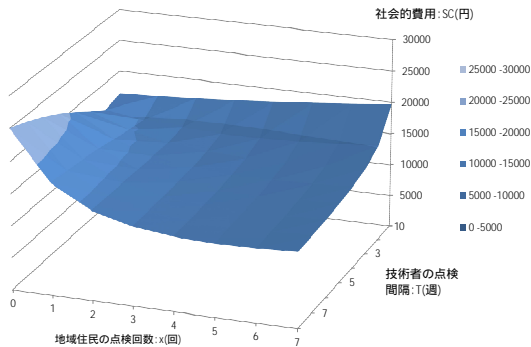
具体的には、社会資本の内、住民が管理に比較的参加しやすい道路舗装を対象とし、容易に発見しやすいポットホールを地域住民と技術者が点検することを想定した数理計画モデルを構築した。このモデルでは地域住民と行政のコスト、リスクから構成される社会的費用を定義した。簡易的なシミュレーションから、地域住民が協働した場合の社会的費用の算出を行い、モデルの挙動確認を行う。技術者の点検の間に地域住民が点検を実施することを想定した分析をすることで、社会的費用が最小化になる条件を示し、地域住民と技術者の役割分担について考察した。



#### 点検のモデル化（技術者が1週間隔で点検する場合）



行政のみ（地域住民が点検に参加しない場合）の社会的費用



地域住民が点検に参加した場合の社会的費用の計算例

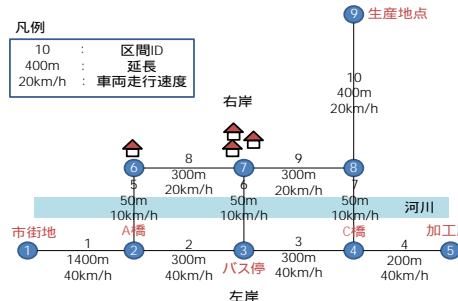
#### (4) 道路統廃合を念頭にした生活道路ネットワークデザインモデル

現在わが国では蓄積された道路ストックの維持管理が国土政策において重要な課題である。今後も増大が見込まれる維持管理費用を踏まれば、現在の予算規模で現状の道路ストックを管理し続けることは困難である。また、人口減少社会に突入し、スマートシュリンクが提唱されていることを踏まえても、重要度の低い道路は適宜統廃合し、維持管理費用の縮減を図る必要があるだろう。一方で、むやみに廃止すれば市民生活等に支障をきたす。市民の移動需要を満足しつつ、戦略的に管理量を減らす必要がある。先行研究で構築した生活道路において一定の旅行時間を満足するネットワーク形状が決定される道路ネットワークデザインモデルを用いて、実務への展開を目指し、複数の維持管理戦略、移動モード、評価時点を考慮できるように拡張したモデルを提案した。

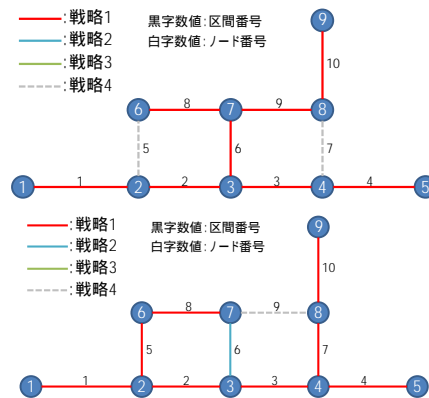
提案したモデルを仮想ネットワークで試算し、モデルの挙動を確認した。許容される旅行時間を現在のネットワークにおける最

短旅行時間の倍数で複数設定し、最適解を求めた。許容される旅行時間の値によりネットワーク形状が異なることを示し、旅行時間の制約を緩和するとLCCを小さくできるトレードオフの関係を確認し、その条件によって最適な維持管理戦略が変化する状況を示した。

下図のような位置関係で、橋を含む道路のネットワークと集落があるとする。中央に川が流れ、その北側に集落、奥には生産地点があり、3つの橋がかかっているとする。住民の移動時間に対する受忍限度を緩和した場合の計算例を示す。上図は中央の橋を残すケース、下図は両側の橋を残すケースで、住民の移動時間を含んだ広義のLCCを計算すると、両図のケースとも3つの橋を残すより小さいものの、上図より下図の道路ネットワークの方が小さいという結果を得た。つまり、移動時間の受忍限度が緩和されればLCCの低減が見込まれるものの、条件によっては変わらない場合もあるということである。



#### 生活道路ネットワークデザインモデル化



#### 生活道路ネットワークデザインモデルを用いた計算例

#### (5) 道路ネットワーク防災機能の便益評価

現行の道路整備評価では、災害時の機能は十分に評価されていない。東日本大震災を契機として、国土交通省は道路の防災機能の評価手法を公表したが、貨幣単位で評価がされおらず、従来の便益評価と整合性には課題が残る。ここでは、従来の道路整備評価に合算可能な防災機能の便益評価手法を提案した。新しい経路が確保されることにより、道路利用者の経済損失（災害時の迂回損失・機会損失）が軽減されることと、地域住民の孤立に対する平常時の心理不安が軽減されることに着目し、それぞれの便益評価手法を構築した。岐阜県飛騨圏域を対象とし、道路整

備により雨量規制による孤立が解消されたケースについて試算を行い、災害時の便益がほとんど発生しない道路整備がある一方で、経路確保の便益が少ない道路整備が存在することを確認した。

#### (6) リスク評価に基づく道路施設の普及版維持管理計画モデル

現在我が国では、道路施設を効率的に維持管理するための取り組みに注力している。しかし、中小自治体は国と比較して予算や人的資源が限られている。そのため、国や大規模自治体同様の手法をとるのは困難であり、中小自治体でも取り組めるような効率的な維持管理戦略が必要である。岐阜県は複数構造物の修繕必要性をリスク評価で一元的に取り扱うことで投資の効率性向上を狙った総合的な維持管理手法「社会資本メンテナンスプラン」を採用している。しかし、リスク評価には多くのデータが必要であり、中小自治体に適用するのは困難である。ここでは、リスク評価を簡易化した普及版モデルを作成する。実在する道路施設へ適用し、AHPによる優先順位や管理者判断による優先順位と比較することにより妥当性を検証した。

#### リスクの分類と入力データ

リスクの分類	リスクの定義	入力データ
道路事故	道路事故によって生じる損失	事故件数
救急救命アクセス	救急救命患者を医療機関へ搬送する時間の増大による損失	人口
観光・産業活動	観光・産業活動の輸送が遅れることによる損失	交通量
孤立集落	孤立集落となることに対する不安感	世帯数
通行規制区間	多降雨時の通行規制に伴う損失	交通量、遅延時間、迂回の距離
情報提供	苦情の通報で道路利用者に生じる時間的損失	なし
事後対策工事	事後対策工事が必要となった場合に発生する工事費用	事後対策費用
事後対策工事による渋滞・迂回	事後対策工事が必要となった場合に発生する渋滞・迂回損失	交通量、遅延時間、迂回の距離

普及版モデルのインターフェース

#### 普及版維持管理計画モデルを用いた優先順位の計算例

橋梁名	A橋	B橋	C橋	D橋	E橋
損傷	小	中	中	小	中
市道	2				2
迂回	有	有	有	有	有
バス	×	×	×	×	×
緊急	×	×	×	×	×
交通	小	小	小	小	中
幅員	○	○	○	○	○
被害	×	×	×	×	×
橋長	17.7	21.7	17.5	21.3	6.45
普及版	4位	2位	1位	4位	3位
AHP	1位	3位	3位	4位	2位
管理者	4位	2位	2位	4位	1位

#### 計算例

路線名	A線	B線	C線	D線	E線
損傷	小	中	小	小	小
市道	1	1	1	1	1
迂回	有	有	有	有	有
バス	○	○	×	○	×
緊急	無	無	無	無	無
交通	中	中	小	中	中
幅員	○	○	○	○	○
被害	○	○	×	×	×
普及版	3位	1位	2位	1位	3位
AHP	1位	2位	5位	3位	4位
管理者	2位	1位	3位	3位	3位

#### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計25件)

- 森啓明, 杉浦聡志, 衣斐友良, 高木朗義: リスク評価に基づく道路施設の普及版維持管理計画モデルの試行と検証, 土木学会論文集 F4, Vol.73(4), I\_142-I\_152, 2017. [査読有] [https://doi.org/10.2208/jscejcm.73.I\\_142](https://doi.org/10.2208/jscejcm.73.I_142)
- 蓮池里菜, 木下幸治, 矢島賢治, 高木朗義, 六郷恵哲: インフラ構造物のメンテナンス等への新技術活用における障害と対策に関する考察, 土木学会論文集 F4, Vol.73(4), I\_142-I\_152, 2017. [査読有] [https://doi.org/10.2208/jscejcm.73.I\\_100](https://doi.org/10.2208/jscejcm.73.I_100)
- 原田剛志, 小野剛史, 倉内文孝, 高木朗義: 道路ネットワーク防災機能の便益評価に関する研究, 土木学会論文集 D3, Vol.73(2), 109-123, 2017. [査読有] <http://doi.org/10.2208/jscejipm.73.109>
- 大野峻, 杉浦聡志, 高木朗義: 破堤確率と上下流の関係を考慮したリスク評価に基づく流域治水計画策定方法, 土木学会論文集 D3, 72(5), I\_149-I\_158, 2016. [査読有] [https://doi.org/10.2208/jscejipm.72.I\\_149](https://doi.org/10.2208/jscejipm.72.I_149)
- 杉浦聡志, 町勤, 塚本陸, 高木朗義, 倉内文孝: 道路統廃合を念頭にした生活道路ネットワークデザインモデルの実装に向けた拡張, 土木学会論文集 F4, Vol.71(4), I\_53-I\_64, 2015. [査読有] [http://doi.org/10.2208/jscejcm.71.I\\_53](http://doi.org/10.2208/jscejcm.71.I_53)
- Satoshi Sugiura, Fumitaka Kurauchi, Akiyoshi Takagi: Optimal Patrol Planning Using STEN for Road Maintenance, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, vol.11, pp.1654-1665, 2015. [査読有] <https://doi.org/10.11175/easts.11.1654>
- 高木朗義, 杉浦聡志, 岩田裕憲: 目標レベ

ルに基づく除雪機械の配置計画方法に関する研究：土木学会論文集 F4, Vol.71(4), I\_45-I\_52, 2015. [査読有]

[https://doi.org/10.2208/jscejcm.71.I\\_45](https://doi.org/10.2208/jscejcm.71.I_45)

8. 富田敬之, 大野沙知子, 杉浦聡志, 高木朗義：地域協働型インフラ管理の実装に向けた行政と地域住民の役割分担に関するモデル分析，土木学会論文集 F4, Vol.71(4), I\_65-I\_72, 2015. [査読有]

[https://doi.org/10.2208/jscejcm.71.I\\_65](https://doi.org/10.2208/jscejcm.71.I_65)

9. 高木朗義：アセットマネジメントを支えるための人材育成と仕組みづくり（特集 アセットマネジメント導入から10年 - どこまで進み、その成果と課題は何か？），土木学会誌，Vol.99(7), 34-37, 2014. [査読無]

〔学会発表〕(計52件)

1. Sugiura, S., Kurauchi, F. and Takagi A.: Design method of emergency links and reinforcement sections to secure connectivity among disaster prevention bases, paper presented at the 7th International Symposium on Transport Network Reliability, 2018.
2. Akiyoshi Takagi, Yoshiro Azuma: Application "Disaster Reduction Class" for facilitating self-help and mutual help for disaster prevention and reduction, IDRiM 2017 in Iceland, 2017.
3. 大野沙知子, 倉内文孝, 水谷香織：地域協働型インフラ管理の成立条件 - 組織論からの考察 - ,土木計画学研究・講演集, Vol.55, 2017.
4. 曾我宣之, 大野沙知子, 加藤十良, 倉内文孝：日常および災害の場面を想定した中学生による通学路点検の取り組み, 土木計画学研究・講演集, Vol.53, 2016.
5. 倉内文孝, 水谷香織, 加藤十良, 大野沙知子, ドイル恵美, 小林潔司：地域協働型インフラ管理の実践 - 岐阜県中津川市神坂地区の協働点検を通じて - , 土木計画学研究・講演集, Vol.53, 2016.
6. 大野沙知子, 水谷香織, 倉内文孝, 高木朗義，多様な主体が協働するしくみに関する研究—地域協働型インフラ管理を事例として—,グローバルビジネス学会,京都,2016.
7. 大野沙知子, 高木朗義：インフラ管理の地域ニーズに関する考察, 土木計画学研究・講演集, Vol.52, 2015.
8. 水谷香織, 倉内文孝, 高木朗義：地域協働型インフラ管理の仕組みづくりに向けた一考,土木計画学研究・講演集, Vol.50, 2014.

〔図書〕(計2件)

1. 高木朗義：費用便益分析，土木計画学ハンドブック，土木学会土木計画学ハンドブック編集委員会編，I.基礎編 5.関連分野 5.2 費用便益分析，コロナ社，202-217，2017. (分担執筆・編集)
2. 高木朗義, 杉浦聡志: 流域リスク評価に基づく堤防整備戦略策定法，豪雨のメカニズ

ムと水害対策，中谷剛，三隈良平監修，(株)NTS，257-272，2017 (分担執筆)

〔産業財産権〕

出願状況 (計0件)  
取得状況 (計0件)

〔その他〕

アプリ減災教室

<http://gensaikyoushitsu.sakura.ne.jp/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

高木 朗義 (TAKAGI Akiyoshi)  
岐阜大学・工学部・教授  
研究者番号：30322134

### (2) 研究分担者

倉内 文孝 (KURAUCHI Fumitaka)  
岐阜大学・工学部・教授  
研究者番号：10263104

杉浦 聡志 (SUGIURA Satoshi)  
岐阜大学・工学部・助教  
研究者番号：30648051

出村 嘉史 (DEMURA Yoshifumi)  
岐阜大学・工学部・准教授  
研究者番号：90378810

宮城 俊彦 (MIYAGI Toshihiko)  
岐阜大学・工学部・特任教授  
研究者番号：20092968